



IFW

00862.023502

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Yoshiyuki OKADA) : Examiner: Unassigned
Application No.: 10/791,821) : Group Art Unit: Unassigned
Filed: March 4, 2004) :
For: EXPOSURE APPARATUS AND ABERRATION) May 28, 2004
CORRECTION METHOD) :

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicant's claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is one certified copy of the following foreign application:

JAPAN 2003-070594, filed March 14, 2003.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C., office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

Attorney for Applicant
Steven E. Warner
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200
SEW/eab

Submitted in U.S. patent application number
10/791,821

CFM03502

US

CN

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 3月14日

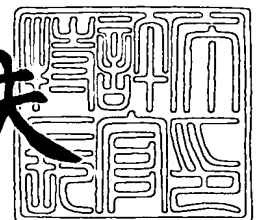
出 願 番 号
Application Number: 特願2003-070594
[ST. 10/C]: [J. P 2003-070594]

出 願 人
Applicant(s): キヤノン株式会社

2004年 3月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3025647

【書類名】 特許願

【整理番号】 250333

【提出日】 平成15年 3月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
G01B 11/00

【発明の名称】 露光装置及び収差補正方法

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 岡田 芳幸

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100076428

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100112508

【弁理士】

【氏名又は名称】 高柳 司郎

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100115071

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康弘

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100116894

【弁理士】

【氏名又は名称】 木村 秀二

【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0102485

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置及び収差補正方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投影光学系の近傍或いは内部の気圧を計測する気圧計測手段と、

前記投影光学系のレンズ駆動による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧に基づいて、所定数の収差に対する補正を繰返し実行する第 1 補正手段と、

露光光源の波長変更による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧に基づいて、前記第 1 補正手段による収差補正の繰返しよりも長い時間間隔で、前記所定数よりも多い種類の収差補正を実行する第 2 補正手段とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記第 1 補正手段は少なくともショット露光中に実行され、前記第 2 補正手段は非ショット露光時に実行されることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】 前記第 1 補正手段はウエハに対する露光処理の開始から全ショットに対する露光の終了までの間に実行され、前記第 2 補正手段は前記露光の終了から当該ウエハの交換中に実行されることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記第 2 補正手段は、前記波長変更または前記波長変更と前記レンズ駆動を用いて収差補正を実行することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 5】 ウエハステージの光軸方向への駆動を行なって収差を調整するステージ駆動手段を更に備え、

前記第 1 補正手段及び前記第 2 補正手段は更に前記ステージ駆動手段を用いて収差補正を実行することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 6】 前記気圧計測手段は、

気圧の絶対値を検出する第1気圧計と、

気圧の絶対値または相対値を前記第1気圧計よりも高速に検出する第2気圧計と、

前記第1気圧計の出力を用いて前記第2気圧計の出力を校正し、校正結果を前記計測された気圧値として出力する校正手段とを有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の露光装置。

【請求項7】 気圧の絶対値を検出する第1気圧計と、

気圧の絶対値または相対値を前記第1気圧計よりも高速に検出する第2気圧計と、

前記第1気圧計の出力を用いて前記第2気圧計の出力を校正し、校正結果を計測された気圧値として出力する校正手段と、

前記校正手段によって出力された気圧値に基づいて収差補正を行なう収差補正手段とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項8】 前記収差補正手段は、露光光源の波長を変更して収差を調整する波長変更手段を用いた収差補正、投影光学系のレンズを駆動して収差を調整するレンズ駆動手段を用いた収差補正、ウエハステージの光軸方向への駆動を行なって収差を調整するステージ駆動手段を用いた収差補正の少なくともいずれかを用いて収差補正を行なうことを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

【請求項9】 前記第2気圧計はレーザ干渉計により構成されることを特徴とする請求項6乃至8のいずれかに記載の露光装置。

【請求項10】 投影光学系の近傍或いは内部の気圧を計測する気圧計測手段からの計測された気圧値に基づいて収差を補正する収差補正方法であって、

前記投影光学系のレンズ駆動による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧値に基づいて、所定数の収差に対する補正を繰返し実行する第1補正工程と、

露光光源の波長変更による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧に基づいて、前記第1補正工程による収差補正の繰返しよりも長い時間間隔で、前記所定数よりも多い種類の収差補正を実行する第2補正工程とを備えることを特徴とする収差補正方法。

【請求項 11】 露光装置において気圧変動に伴う収差を補正する方法であって、

気圧の絶対値を検出する第 1 気圧計の出力を用いて、気圧の絶対値または相対値を前記第 1 気圧計よりも高速に検出する第 2 気圧計の出力を校正し、校正結果を計測された気圧値として出力する校正工程と、

前記校正工程によって出力された気圧値に基づいて収差補正を行なう収差補正工程とを備えることを特徴とする収差補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、気圧変化によって発生する投影光学系の収差を補正し高精度な露光処理を実現可能とする技術に関するものであり、特に、半導体露光装置やデバイス製造装置に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体露光装置において、気圧が変化すると光学特性誤差である収差が発生する。日常の緩やかな気圧変化によって発生する収差の補正方法に関しては、例えば特許文献 1 に開示されたものがある。特許文献 1 では、主には投影光学系を単一硝材として構成し、ウエハ毎に気圧を測定して、気圧変化に応じて露光光源の波長を変えることにより収差を補正するとともに、プロセス間での倍率差を補正するために投影レンズを光軸方向に駆動して投影倍率補正を行っている。

【0003】

近年の IC や LSI 等の半導体集積回路は、益々パターンが微細化し、それに伴い露光結像特性の高精度化が要求されている。このため、僅かな気圧の変化であっても許容することは難しくなっている。露光装置が設置されている環境下において、人的要因等による僅かではあるが急激な気圧変化によって発生する収差の補正方法に関しては、例えば特許文献 2 に開示されたものがある。特許文献 2 では、クリーンルームにおけるドアの開閉により 0.5 hPa/sec 前後の気圧変動が発生する場合があるため、応答性の良いレーザ干渉計を用いた気圧

計により気圧変化を検出し、投影レンズを光軸方向に駆動して収差を補正する方法や、露光光源の波長を変えて収差を補正する方法が示されている。

【0004】

一般に、気圧変化によって発生する収差は、投影倍率とフォーカスが非常に大きく、補正により低減する必要性が高い。一方、歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲等の収差は比較的小さいため露光特性上問題にならないことが多い。

【0005】

【特許文献1】

特開平8-305034号公報

【特許文献2】

特開2001-085292号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら先に示した特許文献1においては、露光中の気圧変化によって発生する収差に対しては補正する手段を有していない。また、投影光学系が単一硝材で構成されていない場合の収差補正手段についても考慮されていない。また、特許文献2では、応答性の良いレーザ干渉計を用いた気圧計により補正する方法が述べられているが、レーザ干渉計による気圧計は、温度や湿度の環境条件変化により気圧誤差が発生するため正確な収差の補正を行うことができない場合がある。

【0007】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、僅かな気圧変化や急激な気圧変化によって発生する光学系の収差を補正し、高精度な露光処理を可能とすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明による露光装置は以下の構成を備える。すなわち、

投影光学系の近傍或いは内部の気圧を計測する気圧計測手段と、

前記投影光学系のレンズ駆動による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧に基づいて、所定数の収差に対する補正を繰返し実行する第1補正手段と、

露光光源の波長変更による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧に基づいて、前記第1補正手段による収差補正の繰返しよりも長い時間間隔で、前記所定数よりも多い種類の収差補正を実行する第2補正手段とを備える。

また、上記の目的を達成するための本発明の他の態様による露光装置は以下の構成を備える。すなわち、

気圧の絶対値を検出する第1気圧計と、

気圧の絶対値または相対値を前記第1気圧計よりも高速に検出する第2気圧計と、

前記第1気圧計の出力を用いて前記第2気圧計の出力を校正し、校正結果を計測された気圧値として出力する校正手段と、

前記校正手段によって出力された気圧値に基づいて収差補正を行なう収差補正手段とを備える。

【0009】

また、上記の目的を達成するための本発明の収差補正方法は、

投影光学系の近傍或いは内部の気圧を計測する気圧計測手段からの計測された気圧値に基づいて収差を補正する収差補正方法であって、

前記投影光学系のレンズ駆動による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧値に基づいて、所定数の収差に対する補正を繰返し実行する第1補正工程と、

露光光源の波長変更による収差調整を含み、前記気圧計測手段によって計測された気圧に基づいて、前記第1補正工程による収差補正の繰返しよりも長い時間間隔で、前記所定数よりも多い種類の収差補正を実行する第2補正工程とを備える。

更に、上記の目的を達成するための本発明の他の態様による収差補正方法は、露光装置において気圧変動に伴う収差を補正する方法であって、

気圧の絶対値を検出する第1気圧計の出力を用いて、気圧の絶対値または相対値を前記第1気圧計よりも高速に検出する第2気圧計の出力を校正し、校正結果を計測された気圧値として出力する校正工程と、

前記校正工程によって出力された気圧値に基づいて収差補正を行なう収差補正工程とを備える。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0011】

(第1実施形態)

図1は第1実施形態に係る露光装置の構成図である。図1において、露光光源80から出射された露光光は、照明光学系90により、レチクルステージ142に設置されたレチクル140を照射する。レチクル140を透過した露光光は、投影光学系101におけるレンズ群102、104、106、108、110を透過して、ウエハステージ130に設置されたウエハ132に到達する。こうして、レチクル140上に描かれた微細なパターンをウエハ132上の各チップに焼き付ける。なお、本構成図においては、レンズ群として5枚のレンズが示されているが、通常の露光装置においては、20枚～30枚前後のレンズが装備されている。

【0012】

露光光源80にはKrFやArFのレーザ光源が用いられることが多く、露光光源80および照明光学系90は、簡略化すると図9に示すような構成で表される。

【0013】

図9に従い露光光源80と照明光学系90の構成を説明する。露光光源80は、レーザ共振器82、透過ミラー84、波長選択素子86、および波長選択素子駆動機構88より構成される。波長選択素子86として、プリズム、グレーティング、エタロン等を使用することにより波長帯域の狭帯域化が可能となり、波長選択駆動機構88によって波長選択素子86の角度を変えることによりレーザ光

の波長を変えることができる。波長選択駆動機構 88 はステップモータや圧電素子等によって構成することができる。露光光源 80 から出射されたレーザ光は、照明光学系 90 のコンデンサレンズ 92 を透過した後、ミラー 94 によりレチクルを照射するよう導かれる。

【0014】

図 1 に戻り説明を続ける。レーザ駆動部 70 は、先に述べた図 9 の波長選択駆動機構 88 を駆動して露光光源 80 のレーザ光の波長を変えることができる。レンズ駆動部 50 は、レンズ駆動機構 100 を駆動してレンズ 104 を光軸方向に変位させる。レンズ駆動機構 100 は、空気圧を利用したアクチュエータや、圧電素子等により構成することができる。なお、本構成図においては、レンズ駆動機構は 1 系統のみ示されているが、複数のレンズ駆動機構を有するよう構成されてもよい。

【0015】

露光装置全体は、主制御部 60 により制御され、ウエハステージ 130 は、ステージ駆動部 65 によりステップアンドリピート、またはステップアンドスキャン駆動が行われる。

【0016】

気圧計 120 は、露光装置内の気圧を測定するためのもので、露光装置内の何れかの場所、または、投影光学系 101 の付近、または、投影光学系 101 の内部に設置されてもよい。気圧計 120 の出力信号は、補正演算部 10 に入力される。補正演算部 10 は気圧計 120 より入力された測定値に基づいてレーザ駆動部 70 にレーザ光の波長の変更を指示し、レンズ駆動部 50 にレンズの光軸方向への駆動を指示し、ステージ駆動部 65 にステージの Z 方向の駆動を指示する。

【0017】

次に補正演算部 10 の構成および動作について図 2 および図 3 を参照して説明する。

【0018】

図 2 は補正演算部 10 の構成図である。モデル演算部 20 は、気圧計 120 で測定された気圧データと投影光学系 101 のレンズ群 102、104、106、

108、110の雰囲気圧力との応答ずれを補償する。一般に、投影光学系内のレンズ群の雰囲気圧力は、露光装置内の気圧変化に対して1次遅れ特性を示す。このため、気圧計120が投影光学系の外部に設置されている場合は、予め気圧計120における気圧特性とレンズ群の雰囲気圧力特性とを測定してモデル化しておく。そして、モデル演算部20は、このモデルを参照して、気圧計120の計測値を補償してレンズ群の雰囲気圧力を得る。また、気圧計120を投影光学系内部に設置した場合は、応答ずれが小さいため、モデル演算部20を省略することも可能である。なお、気圧計120の検出ノイズが大きい場合は、必要に応じてフィルタリング等の平滑化演算を行ってもよい。

【0019】

データ保持部22は、主制御部60からのタイミング信号により、モデル演算部20からの信号を保持する。タイミング信号は、露光終了直後であることが好ましく、これらの動作について図3を用いて説明する。

【0020】

図3は補正演算部10の動作を表したタイミングチャートである。図3(a)は、気圧計120により検出された気圧データで、モデル演算部20で応答ずれの補償演算が成されている場合は、モデル演算部20の出力とする。(b)は露光、即ちショットのON/OFFを表している。非露光時の収差補正は、露光が終了してOFFとなっているときの気圧データを用いる。上述したように露光終了直後の気圧データ((a)の×印)を用いることが好ましい。(c)は、データ保持部22における気圧データ保持の様子を示し、図2の主制御部60からのタイミング信号により露光終了直後の気圧データを保持している。(d)については後述する。

【0021】

図2に戻り補正演算部10の動作説明を続ける。データ保持部22において保持された露光終了直後の気圧データは、加減算器26にて気圧の基準値24と比較され、その差が演算され、収差補正演算部28に入力される。収差補正演算部28では、露光終了直後に更新される加減算器26からの気圧差データに基づいて収差の補正に必要な光源の波長駆動量やレンズ駆動量を算出する。

【0022】

一般に、気圧変化によって発生する収差は、投影倍率とフォーカスが非常に大きく、補正により低減する必要性が高い。一方、歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲等の収差は比較的小さいため露光特性上問題にならないことが多い。

【0023】

投影光学系のレンズは、その光学設計により、光軸方向に変位させることによって、収差を変化させることが可能となる。通常、1つのレンズをレンズ駆動機構により光軸方向に変位させることにより、1つの収差を大きく変化させるように設計することが多い。例えば、図1のレンズ駆動機構100によりレンズ104を光軸方向に変位させることにより投影倍率を変化させるように光学設計を行う。但し、投影倍率が変化する際に、僅かではあるが、その他の収差、例えば歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲等が変化する場合がある。これらが精度上、問題なければよいが、問題となる場合は、他のレンズをレンズ駆動機構により光軸方向に変位させ、収差を低減する必要がある。従って、一般的には、 n 群のレンズを光軸方向に変位させることにより、 n 個の収差を補正することができるよう光学設計を行う。一方、露光光の波長を変えると各収差が変化する。波長変化に対する収差の感度は、レンズ設計によって異なるため、一概には規定できないが、やはり、大きく変化する収差と、僅かしか変化しない収差とが存在する。

【0024】

また、上述のように n 群のレンズを光軸方向に変位させ、かつ露光光の波長を変えて収差の補正を行う場合は、 $n+1$ 個の収差を補正することができる。

【0025】

例えば、3群のレンズ駆動と露光光の波長を変えて4つの収差、仮に、投影倍率、歪曲、コマ、像面湾曲を補正する場合を考えてみる。通常、気圧変化により発生する各収差は、気圧に対して線型であるよう光学設計が成される。そこで、気圧変化に対して各収差は線型に変化すると仮定して、投影倍率感度： δMag 、歪曲： $\delta Dist$ 、コマ： δCm 、像面湾曲： δFc の各気圧感度を有するものとする。このとき、気圧が基準値より ΔP 変化したとすると、気圧変化により発生する収差は、以下の(1)式より ΔMag 、 $\Delta Dist$ 、 ΔCm 、 $\Delta \delta Fc$

と予測される。これらの収差を補正するのに必要な 3 群のレンズ駆動量と露光光の波長駆動量を、 $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$ 、 $\Delta L3$ 、 $\Delta \lambda$ 、とし、各レンズ駆動と波長駆動による各収差感度を 4 行 4 列の行列 A として表すと、行列演算 (2) 式、(3) 式より、気圧変化により発生する収差の補正に必要な各駆動量、 $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$ 、 $\Delta L3$ 、 $\Delta \lambda$ は、行列演算 (4) 式を解法することにより算出される。ここに、 A^{-1} は、4 行 4 列の行列 A の逆行列である。

【0026】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} \Delta \text{Mag} \\ \Delta \text{Dist} \\ \Delta \text{Cm} \\ \Delta \text{Fc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta \text{Mag} \\ \delta \text{Dist} \\ \delta \text{Cm} \\ \delta \text{Fc} \end{bmatrix} \Delta P \quad \dots (1)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Mag1} & \text{Mag2} & \text{Mag3} & \text{Mag4} \\ \text{Dist1} & \text{Dist2} & \text{Dist3} & \text{Dist4} \\ \text{Cm1} & \text{Cm2} & \text{Cm3} & \text{Cm4} \\ \text{Fc1} & \text{Fc2} & \text{Fc3} & \text{Fc4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta L1 \\ \Delta L2 \\ \Delta L3 \\ \Delta \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \text{Mag} \\ \Delta \text{Dist} \\ \Delta \text{Cm} \\ \Delta \text{Fc} \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

$$A = \begin{bmatrix} \text{Mag1} & \text{Mag2} & \text{Mag3} & \text{Mag4} \\ \text{Dist1} & \text{Dist2} & \text{Dist3} & \text{Dist4} \\ \text{Cm1} & \text{Cm2} & \text{Cm3} & \text{Cm4} \\ \text{Fc1} & \text{Fc2} & \text{Fc3} & \text{Fc4} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta L1 \\ \Delta L2 \\ \Delta L3 \\ \Delta \lambda \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} \Delta \text{Mag} \\ \Delta \text{Dist} \\ \Delta \text{Cm} \\ \Delta \text{Fc} \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

【0027】

収差補正演算部 28 では、露光終了直後に繰り返し送られてくる加減算器 26 からの気圧差データに基づいて (1) 式により気圧変化により発生する収差を予

測し、(4)式より収差の補正に必要なレンズ駆動量と露光光の波長駆動量を算出する。算出されたレンズ駆動量は、加算器34に入力された後、レンズ駆動部50に出力される。レンズ駆動部50は、このレンズ駆動量に従ってレンズ駆動機構部によりレンズを光軸方向に変位させる。また、収差補正演算部28によって上述の如く算出された露光光の波長駆動量はレーザ駆動部70に入力される。レーザ駆動部70は、入力された波長駆動量に従って、露光光源80の波長選択駆動機構88により露光光の波長を変更する。以上のn群のレンズ駆動と波長変更によりn+1個の収差が補正される。

【0028】

尚、フォーカスに対する補正は、ウエハステージ130を光軸方向に駆動することによっても補正することが可能である。ウエハステージ130による補正は次のように行われる。まず、気圧変化によって発生するフォーカス誤差と、上記レンズ駆動や波長駆動によってフォーカス誤差が発生する場合にはそのフォーカス誤差とを別途収差補正演算部28において計算し、フォーカス補正のためのウエハステージ駆動量を得る。このウエハステージ駆動量を加算器36に入力し、ステージ駆動部65に出力する。ステージ駆動部65は、ウエハステージ130を光軸方向に変位させてフォーカスを補正する。上述したn群のレンズ駆動と波長変更による収差補正に加え、このようなウエハステージ光軸方向駆動による収差補正を加えることにより、n+2個の収差を補正することが可能となる。

【0029】

以上のように収差補正演算部28は、露光が終了する度に気圧変化によって発生する収差の補正に必要なレンズ駆動量や露光光の波長駆動量（及びウエハステージの光軸方向駆動量）を算出する。これら駆動量によって図3の(c)に示すようなタイミングで補正が行われることになる。これをショット間補正と呼ぶことにする。ショット間補正は、露光終了直後の気圧データを基にショットとショットの間毎に行われることになる。

【0030】

なお、投影光学系のレンズが単一硝材により構成されている場合は、露光光の波長を変えることにより全ての収差を補正することが可能である。この場合、収

差補正演算部 28 は、露光終了直後に繰り返し送られてくる加減算器 26 からの気圧差データに基づいて、光学設計上、線型近似された基準気圧からの気圧変化に対する露光光の波長駆動量特性式より波長駆動量を算出する。そして、この波長駆動量をレーザ駆動部 70 に入力し、露光光源 80 の波長選択駆動機構 88 により波長を変え、気圧変動によって発生した収差を補正するよう構成する。この場合、ショット間補正は露光光の波長駆動に対してのみ行うだけでよく、レンズ駆動やウエハステージの光軸方向の駆動を行う必要はない。

【0031】

次に露光中の気圧変化に対するリアルタイム補正について説明する。

【0032】

図 3 の (a) に示すように、気圧は常に変化しており、人的要因等により僅かではあるが急激な気圧変化が起こる場合もある。例えば、クリーンルームにおけるドアの開閉により $0.5 \text{ hPa} / \text{sec}$ 前後の気圧変動が発生する場合もある。このため、上述のショット間補正によって気圧変化に起因する収差を補正したとしても、図 3 (a) のように、露光中に気圧が変化してしまうと、これにより、収差が発生し、高精度な露光を行うことができなくなってしまう。したがって、本実施形態の補正演算部 10 では、露光中（ショット中）の気圧変動に応じたリアルタイムな補正駆動を実現する。

【0033】

図 2 の補正演算部 10 において、データ保持部 22 の出力は、加減算器 26 に入力されるとともに、加減算器 30 にも入力される。加減算器 30 において、データ保持部 22 の出力はモデル演算部 20 からの気圧データと比較され、その気圧差分値が出力される。この気圧差分値は、図 3 の (d) に示すように、ショット間補正をした後の気圧変化分を表しており、時々刻々と、即ちリアルタイムに収差補正演算部 32 に入力される。なお、本実施形態では、気圧補正のためのレンズ駆動位置を非露光時に中立位置に戻すように露光光源の波長等他の要因を調整するようにする。このようにすれば、気圧補正のためのレンズ駆動量は、非露光時にリセットされることになり、レンズ駆動量の積算値が抑制され、少ないレンズ駆動範囲にて気圧変化による収差を補正することができ、レンズ駆動機構の簡

略化や小型／軽量化が可能となる。

【0034】

収差補正演算部 32 では、 m 群のレンズを光軸方向に変位させ、 m 個の収差を補正するためのレンズ駆動量を算出する。なお、 m は 1 群以上で、ショット間補正に用いた n 群以下の群数である。

【0035】

例えば、 $m = 3$ 群のレンズ駆動により 3 つの収差、仮に、投影倍率、歪曲、コマを補正する場合を考えてみる。収差補正演算部 32 に入力される気圧変化分を ΔP_{RT} とすると、この気圧変化により発生する収差は、以下の (5) 式より ΔM_{aRT} 、 ΔD_{istRT} 、 ΔC_{mRT} 、と予測される。これらの収差を補正するのに必要な 3 群のレンズ駆動量を、 ΔL_{1RT} 、 ΔL_{2RT} 、 ΔL_{3RT} とし、各レンズ駆動による各収差感度を 3 行 3 列の行列 A_{RT} として表すと、行列演算 (6) 式、(7) 式より、気圧変化により発生する収差の補正に必要な各駆動量 ΔL_{1RT} 、 ΔL_{2RT} 、 ΔL_{3RT} は、行列演算 (8) 式を解法することにより算出される。ここに、 A_{RT}^{-1} は、3 行 3 列の行列 A_{RT} の逆行列である。

【0036】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} \Delta \text{Mag}_{RT} \\ \Delta \text{Dist}_{RT} \\ \Delta \text{Cm}_{RT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta \text{Mag} \\ \delta \text{Dist} \\ \delta \text{Cm} \end{bmatrix} \Delta P_{RT} \quad \dots (5)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Mag1} & \text{Mag2} & \text{Mag3} \\ \text{Dist1} & \text{Dist2} & \text{Dist3} \\ \text{Cm1} & \text{Cm2} & \text{Cm3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta L1_{RT} \\ \Delta L2_{RT} \\ \Delta L3_{RT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \text{Mag}_{RT} \\ \Delta \text{Dist}_{RT} \\ \Delta \text{Cm}_{RT} \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

$$A_{RT} = \begin{bmatrix} \text{Mag1} & \text{Mag2} & \text{Mag3} \\ \text{Dist1} & \text{Dist2} & \text{Dist3} \\ \text{Cm1} & \text{Cm2} & \text{Cm3} \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta L1_{RT} \\ \Delta L2_{RT} \\ \Delta L3_{RT} \end{bmatrix} = A_{RT}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta \text{Mag}_{RT} \\ \Delta \text{Dist}_{RT} \\ \Delta \text{Cm}_{RT} \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

【0037】

以上のように、収差補正演算部 32 には、ショット間補正をした後の気圧変化データ、すなわち気圧差分値が加減算器 30 からリアルタイムに送られてくる。そして、収差補正演算部 32 は、リアルタイムに送られてくる気圧変化データ（本実施形態では前回のショット終了時からの気圧変化分）に基づいて（5）式により気圧変化により発生する収差をリアルタイムに予測し、（8）式より収差の補正に必要なレンズ駆動量をリアルタイムに算出する。算出されたレンズ駆動量は、加算器 34 に入力され、先に説明したショット間補正によるレンズ駆動量が加算され、レンズ駆動部 50 に出力される。レンズ駆動部 50 はレンズ駆動機構部によりレンズを光軸方向にリアルタイムに変位させ、気圧変化によって発生した収差をリアルタイムに補正する。

【0038】

尚、フォーカスに対する補正は、ウエハステージを光軸方向に駆動することに

よっても実現することが可能である。したがって、ウエハステージ130を光軸方向に変位させてフォーカスを補正するよう構成してもよい。この場合、気圧変化データによって発生するフォーカス誤差や、上記レンズ駆動によってフォーカス誤差が発生する場合にはそのフォーカス誤差を別途、収差補正演算部32において計算し、リアルタイムにフォーカスを補正するためのウエハステージ駆動量を得る。このウエハステージ駆動量を加算器36に入力し、収差補正演算部28からのフォーカス補正信号（ショット間用の補正信号）を加算してステージ駆動部65に出力する。こうして、ウエハステージ130を光軸方向に変位させてフォーカスを補正するよう構成する。

【0039】

なお、この場合は、 m 群のレンズ駆動とウエハステージ光軸方向駆動により、 $m+1$ 個の収差を補正することが可能となり、 $m=n$ 群とすると、 $n+1$ 個の収差をリアルタイムに補正することができる。

【0040】

以上のように収差補正演算部32は、露光中における気圧変化によって発生する収差の補正に必要なレンズ駆動量（及びウエハステージ光軸方向駆動量）を算出する。これら駆動量によって、露光処理中の気圧変動による収差補正、すなわち図3の（d）に示すようなタイミングで収差補正が行なえる。これをリアルタイム補正と呼ぶ。このように、本実施形態では、露光終了直後はショット間補正により収差の補正が成され、ショット間に発生する気圧変化による収差はリアルタイム補正により補正される。

【0041】

以上説明したように、第1実施形態によれば、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されていない場合は、 n 群のレンズ駆動と光源の波長駆動とウエハステージの光軸方向駆動により、気圧変化によって発生する収差のうちショット間では $n+2$ 個の収差を補正し、ショット中ではリアルタイムに $n+1$ 個の収差を補正することが可能となる。また、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されている場合は、 n 群のレンズ駆動と光源の波長駆動とウエハステージの光軸方向駆動により、気圧変化によって発生する収差のうち、ショット間では露光光の波長を駆

動することにより全ての収差を補正し、ショット中には n 群のレンズ駆動とウエハステージの光軸方向駆動によりリアルタイムに $n+1$ 個の収差を補正することが可能となる。

【0042】

これらにより、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されている場合、およびそうでない場合においても、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化によって発生する収差をリアルタイムに補正することができ、高精度な露光を可能とする露光装置を構成することができる。

【0043】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態について説明する。第1実施形態では、ショット間とショット中で収差補正動作を切り換えたが、第2実施形態では粗い時間間隔での収差補正と、細かい時間間隔での収差補正として、収差補正動作を切り換える。

【0044】

以下で説明する第2実施形態においては、細かい時間間隔での収差補正ではレンズの光軸方向駆動により収差を補正し、粗い時間間隔での収差補正は露光光の波長駆動またはレンズの光軸方向駆動と露光光の波長駆動により収差を補正する。ここで、細かい時間間隔での収差補正はウエハへの露光処理における露光中および非露光時に繰返し実行され、粗い時間間隔での収差補正はウエハ交換処理時に実行される。

【0045】

第2実施形態における補正演算部10の構成は、第1実施形態(図2)と同じである。第2実施形態では、主制御部60からのタイミング信号が異なる。

【0046】

即ち、図2におけるデータ保持部22に対する主制御部60からのタイミング信号は、1ウエハ分の露光処理が全て終了した後に発せられ、このタイミングでモデル演算部20からの信号がデータ保持部22に保持される。ウエハ交換時間が長い場合は、この間に数回のタイミング信号を発してデータ保持部22の気圧データを更新してもよい。このタイミング信号に応じて実行される収差補正を粗

い時間間隔の収差補正とする。したがって、粗い時間間隔の収差補正は第1実施形態におけるショット間補正と同様である。

【0047】

ウエハ交換が終了し、新たにロードされたウエハへの露光処理が開始されると、主制御部60からのタイミング信号は当該ウエハに対する露光処理が全て終了するまで出力されない。したがって、データ保持部22の気圧データは保持されたままで、1ウエハ分の露光中および非露光時における気圧変化による収差の補正は、第1実施形態のリアルタイム補正と同様の補正が繰返し行われることになる。この収差補正を細かい時間間隔の収差補正とする。

【0048】

以上のように、第2実施形態においても、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されていない場合は、 n 群のレンズの駆動と光源の波長駆動とウエハステージの光軸方向駆動により、気圧変化によって発生する収差のうち、ウエハ交換時には $n+2$ 個の収差を補正し、ショット中及びショット間にはリアルタイムに $n+1$ 個の収差を補正することが可能となる。また、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されている場合は、 n 群のレンズ駆動と光源の波長駆動とウエハステージの光軸方向駆動により、気圧変化によって発生する収差のうち、ウエハ交換時には露光光の波長を駆動することにより全ての収差を補正し、ショット中及びショット間においてはリアルタイムに $n+1$ 個の収差を補正することが可能となる。

【0049】

これらにより、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されている場合、およびそうでない場合においても、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化によって発生する収差をリアルタイムに補正することができ、高精度な露光を可能とする露光装置を構成することができる。

【0050】

(第3実施形態)

次に、本発明による第3実施形態について説明する。第3実施形態では、第1及び第2実施形態による収差補正をより迅速且つ高精度に行なうために、気圧変動を検出するための気圧計の高精度化及び高速化を図る。

【0051】

図4は本発明の第3実施形態に係る露光装置の構成図である。第1実施形態（図1）と同様の動作をする構成部に関しては、同一番号を付し、その説明を省略する。以下、第1実施形態と異なる構成部について詳細に説明する。

【0052】

第3実施形態（図4）では、図1の構成に対して、新たな気圧計122が加えられ、補正演算部10aが設けられている。ここで、説明の便宜上、気圧計120を第1気圧計、気圧計122を第2気圧計と称する。

【0053】

第1気圧計120は気圧の絶対値を高精度に測定する気圧計（環境に応じた校正機能を有する気圧計）であり、第2気圧計122は第1気圧計よりも高速に気圧の絶対値または相対値を測定する気圧計である。一般に、気圧の絶対値を測定する気圧計は、高精度に気圧を測定することが可能であるが、温度や湿度の影響を除去した上で気圧測定値を出力するため、センサとしての応答速度は遅い。一方、気圧の絶対値または相対値を測定する気圧計、例えば、レーザ干渉計により構成される波長トラッカ（Wave Length Tracker）による気圧測定の応答速度は極めて高速である。波長トラッカは、媒質、即ち、空気の屈折率をレーザ光を利用して測定する計測器で、気圧、温度、および湿度に対する屈折率を高速に出力する。

【0054】

HeNeレーザにより構成される波長トラッカの出力式は、 n ：屈折率、圧力： P [Torr]、温度： T [°C]、相対湿度： H [%] とおくと、Eldénの公式より、以下のように表される。

【0055】

【数 3】

$$n = 1 + a \times P \times \{[1 + P \times (c - d \times T) \times 10^{-6}] / (1 + b \times T)\} - e \times F \quad \dots (9)$$

$$F = H \times f_{sat} / 100 \quad \dots (10)$$

$$f_{sat} = 4.07859739 + 0.44301857 \times T + 0.00232093 \times T^2 + 0.00045785 \times T^3 \quad \dots (11)$$

$$a = 3.83639 \times 10^{-7}$$

$$b = 0.003661$$

$$c = 0.817$$

$$d = 0.0133$$

$$e = 5.607943 \times 10^{-8}$$

【0 0 5 6】

上記（９）式より、温度 T と相対湿度 H が一定であれば、気圧 P によって波長トラッカ出力の屈折率 n が変化するため、この屈折率 n より逆算して気圧 P を算出することができ、波長トラッカを気圧計として構成することが可能となる。

【0 0 5 7】

しかしながら、波長トラッカは、温度と相対湿度に対しても感度を有するため、気圧計として使用する際は、これらの環境条件が一定である必要がある。波長トラッカは、温度変動 0.01°C に対して気圧計としての気圧誤差は 0.034 hPa 、湿度変動 1% に対して気圧計としての気圧誤差は 0.045 hPa となる。このため、気圧測定誤差を低減してより高精度な気圧変化による収差補正を行うには、少なくとも、温度変化を 0.01°C 以下、湿度変化を 1% 以下に抑える必要がある。

【0 0 5 8】

一般に、露光装置内部は装置精度を維持するため 0.01°C 前後以下の精度で温度制御が行われているため、温度変化は十分に小さく、温度変化に起因する波長トラッカの計測誤差は無視できると考えられる。一方、湿度に関しては、アクティブな制御が行われていない場合が多く、僅かではあるが、緩やかに変化する場合がある。この場合、（９）式、（１０）式より明らかなように、湿度変化により波長トラッカから出力される屈折率が変化してしまい、気圧誤差が発生してしまう。

【0059】

また、湿度の変動が小さい場合においても、湿度は屈折率に対してオフセットとして現れるため、より正確に湿度値を検出して（9）式、（10）式より湿度による屈折率のオフセットを補正しないと、正確な気圧値を算出することができない。

【0060】

そこで、第3実施形態では、第1気圧計120に気圧の絶対値を検出する気圧計を設置し、第2気圧計122に気圧の絶対値または相対値を検出する気圧計を設置し、応答速度は遅いが高精度に気圧の絶対値を検出することができる第1気圧計120の出力により、応答速度は速いが湿度等の気圧以外の環境変化に対しても感度を有する気圧の絶対値または相対値を検出する第2気圧計122の出力を校正する。これにより、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化を高速かつ高精度に検出して気圧変化による収差をリアルタイムに補正し、高精度な露光を可能とする露光装置を構成する。

【0061】

図5は、第3実施形態に係る補正演算部10aの構成図である。第1実施形態の補正演算部10（図2）と同様の動作をする構成部に関しては、同じ参照番号を付し、その説明を省略する。補正演算部10aには、校正演算部18が新たに設けられている。

【0062】

図6を参照して校正演算部18の動作を説明する。第1気圧計120の出力は平均化処理部14に入力され、第2気圧計122の出力は平均化処理部12に入力される。平均化処理部12、14によって各気圧データは平均化され、演算部15に入力される。演算部15では、第1気圧計120の出力に基づいた平均化処理部14の出力データに対する、第2気圧計122出力の平均化処理部12の出力データのオフセット分を算出する。具体的には、平均化処理部14と平均化処理部12からの各データの差を計算する。演算部15で算出されたオフセットは、校正部16に入力される。校正部16は、第2気圧計122より時々刻々と、即ち、リアルタイムに送信されてくる気圧データに対して演算部15からのオ

フセット信号を用いて校正を施し、正確な気圧データとしてモデル演算部 20 に出力する。

【0063】

ここで、平均化処理部 12 および 14 における平均化時間は、数十秒～数分前後でもよいし、数十分～数時間でもよい。例えば、湿度変動が数分～数十分の速さで変化する可能性のある場合は、1 ウエハ分の露光処理が行われている間に各気圧データを平均化し、ウエハ交換が行われている間に演算部 15 にてオフセットを算出してその値を更新する。そして、ウエハ露光処理では、この更新されたオフセットを用いて第 2 気圧計 122 からのデータを校正する。このようにすれば、1 ウエハ毎に校正データであるオフセット値を演算部 15 により算出して更新し、第 2 気圧計 122 のデータを校正することができる。また、湿度変動が小さい場合には、レチクルを交換する際や、露光装置が稼動する際に、平均化処理部 12 および 14 にて数分前後の平均化処理を行い、演算部 15 にてオフセットを算出してその値を更新し、第 2 気圧計 122 のデータを校正部 16 にて校正すればよい。

【0064】

上述のように、構成演算部 18 によれば、応答速度は遅いが高精度に気圧の絶対値を測定することが可能な第 1 気圧計 120 からのデータを用いて、応答速度は速いが気圧の絶対値には誤差を有する可能性があり、また湿度変化によっても気圧測定誤差を生じる第 2 気圧計 122 からのデータを校正し、結果として、応答速度が速くかつ高精度な気圧データが得られる。また、図 5 に示すように、モデル演算部 20 以降の構成は第 1 及び第 2 実施形態と同様である。

【0065】

したがって、校正演算部 18 から高速かつ高精度に得られる気圧データを用いて、第 1 実施形態において説明したように、気圧変化による収差をショット間およびリアルタイムで、かつ精密に補正することが可能となる。或いは第 2 実施形態において説明したように、粗い時間間隔と細かい時間間隔で収差補正を実行することが可能となる。

【0066】

例えば、第3実施形態に第1実施形態の収差補正方法を適用すれば、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されていない場合は、 n 群のレンズ駆動と光源の波長駆動とウエハステージの光軸方向駆動により、気圧変化によって発生する収差のうち $n+2$ 個の収差をショット間において補正し、ショット中には n 群のレンズ駆動とウエハステージの光軸方向駆動によりリアルタイムに $n+1$ 個の収差を補正することが可能となる。また、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されている場合は、ショット間においては露光光の波長を駆動することにより気圧変化によって発生する全ての収差を補正し、ショット中においては n 群のレンズ駆動とウエハステージの光軸方向駆動によりリアルタイムに $n+1$ 個の収差を補正することが可能となる。

【0067】

特に、第3実施形態の気圧計測によれば、応答速度は遅いが高精度に気圧の絶対値を検出することができる第1気圧計120の出力を用いて、応答速度は速いが湿度等の気圧以外の環境変化に対しても感度を有する気圧の絶対値または相対値を検出する第2気圧計122の出力を校正することにより、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化を高速かつ高精度に検出できる。よって、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されている場合であってもそうでない場合であっても、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化によって生ずる収差をリアルタイムに補正することができる。

【0068】

なお、第3実施形態に第2実施形態の収差方法を適用できることはいうまでもない。この場合、細かい時間間隔でレンズ駆動及びウエハステージの光軸方向への駆動により収差を補正し、粗い時間間隔で露光光の波長駆動またはレンズ駆動と露光光の波長駆動により収差を補正するよう構成される。また、ここで、細かい時間間隔は、ウエハへの露光処理に際する露光中および非露光時に行われる補正間隔とすることができる。また、粗い時間間隔は、ウエハ交換処理に際する非露光時に行われる補正間隔としてもよい。

【0069】

(第4実施形態)

次に、第4実施形態について説明する。第4実施形態では、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されているか、もしくは、単一硝材とみなせる特性を有する場合の収差補正について説明する。したがって、第4実施形態では、レーザの波長駆動により、全ての収差について常にリアルタイムに補正を行なう。

【0070】

図7は第4実施形態に係る補正演算部10bの構成図である。第4実施形態の補正演算部は第3実施形態（図5）の補正演算部10aよりデータ保持部22、加減算部30、収差補正演算部32を除いた構成となっている。また、収差補正演算部28bは収差補正演算部28と類似であるが、レーザ駆動部70に対して波長駆動のための信号を出力するのみである。

【0071】

第4実施形態の投影光学系101を構成するレンズは、単一硝材で構成されているか、もしくは、単一硝材とみなせる特性を有する。レンズが単一硝材であるとみなせるため、露光光の波長を駆動することにより気圧変化によって発生する全ての収差を補正することが可能となる。

【0072】

校正演算部18によりリアルタイムに送信されてくる第2気圧計122からのデータが第1気圧計120からのデータに基づいて校正され、必要に応じてモデル演算部20にて所定のモデル化演算が施される。そして、気圧の基準値24と比較され、加減算器26により差がとられる。収差補正演算部28bは、気圧の計測値（モデル演算部20の出力）の、基準気圧（基準値24）からの変化に対する露光光の波長駆動量特性式より波長駆動量を算出する。算出された波長駆動量はレーザ駆動部70に入力される。レーザ駆動部70は、波長駆動量に応じて、露光光源80の波長選択駆動機構88により波長を変えて気圧によって発生した収差を補正する。この場合、リアルタイム補正は、露光光の波長駆動に対してのみ行えばよく、レンズ駆動やウエハステージの光軸方向の駆動を行う必要はない。

【0073】

以上のように、第4実施形態によれば、投影光学系のレンズが単一硝材で構成

されている場合において、気圧変化による収差補正をショット間およびリアルタイム補正ともに露光光の波長駆動により行う。特に、応答速度は遅いが高精度に気圧の絶対値を検出することができる第1気圧計120の出力を用いて、応答速度は速いが湿度等の気圧以外の環境変化に対しても感度を有する気圧の絶対値または相対値を検出する第2気圧計122の出力を校正することにより、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化を高速かつ高精度に検出できるので、気圧変化による収差をリアルタイムに補正し、高精度な露光を可能とする露光装置を構成できる。

【0074】

(第5実施形態)

次に、本発明による第5実施形態について説明する。第5実施形態は、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されていない場合を説明する。

【0075】

図8は第5実施形態に係る補正演算部10cの構成図である。第5実施形態の補正演算部は第4実施形態(図7)の補正演算部10bの収差補正演算部28bを収差補正演算部28cで置換した構成となっている。収差補正演算部28cは収差補正演算部28と同様であり、気圧変動による収差を補正するために、レンズ駆動部に対してレンズ駆動信号を、ステージ駆動部65に対してウエハステージの光軸方向駆動信号を、レーザ駆動部70に対して波長駆動のための信号を出力する。

【0076】

第5実施形態では、投影光学系のレンズが単一硝材で構成されていない。そこで、収差補正演算部28cでは、リアルタイムに送られてくる加減算器26からの気圧差データに基づいて(1)式により気圧変化により発生する収差を予測し、(4)式より収差の補正に必要なレンズ駆動量と露光光の波長駆動量を算出する。算出されたレンズ駆動量は、レンズ駆動部50に出力され、レンズ駆動機構部によりレンズを光軸方向に変位させ、気圧変化によって発生した収差を補正する。また、算出された露光光の波長駆動量はレーザ駆動部70に入力され、露光光源80の波長選択駆動機構88により波長を変えて気圧によって発生した収差

を補正する。

【0077】

尚、フォーカスに対する補正は、ウエハステージ130を光軸方向に駆動することによっても補正することが可能である。ウエハステージ130による補正は次のように行われる。まず、気圧変化によって発生するフォーカス誤差と、上記レンズ駆動や波長駆動によってフォーカス誤差が発生する場合にはそのフォーカス誤差とを別途収差補正演算部28cにおいて計算し、フォーカス補正のためのウエハステージ駆動量を得る。このウエハステージ駆動量はステージ駆動部65に出力される。ステージ駆動部65は、ウエハステージ130を光軸方向に変位させてフォーカスを補正する。上述したn群のレンズ駆動と波長変更による収差補正(n+1個の収差補正)に加え、このようなウエハステージ光軸方向駆動による収差補正を加えることにより、n+2個の収差を補正することが可能となる。

【0078】

第5実施形態の収差補正演算部28cは、露光中および非露光時を問わず、常に気圧変化によって発生する収差の補正に必要なレンズ駆動量や露光光の波長駆動量(及びウエハステージ光軸方向駆動量)を算出する。特に、応答速度は遅いが高精度に気圧の絶対値を検出することができる第1気圧計120の出力を用いて、応答速度は速いが湿度等の気圧以外の環境変化に対しても感度を有する気圧の絶対値または相対値を検出する第2気圧計122の出力を校正することにより、露光中および非露光時の僅かな気圧変化や急激な気圧変化を高速かつ高精度に検出できる。したがって、気圧変化による収差をリアルタイムに補正し、高精度な露光を可能とする露光装置を構成することができる。

【0079】

[半導体製造装置への適用]

次に上記説明した露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施形態を説明する。図10は微小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造フローを示す。

【0080】

ステップ101（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ102（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを制作する。一方、ステップ103（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ104（ウエハプロセス）では前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次にステップ105（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ104によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ106（検査）ではステップ105で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ107）される。

【0081】

図11は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ111（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ112（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ113（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ114（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ115（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ116（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ117（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ118（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ119（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0082】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、僅かな気圧変化や急激な気圧変化によって発生する光学系の収差を補正し、高精度な露光処理を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施形態による露光装置の構成を示す図である。

【図 2】

第 1 実施形態による補正演算部の構成例を示すブロック図である。

【図 3】

第 1 実施形態に係る収差補正のタイミングチャートを示す図である。

【図 4】

第 3 実施形態に係る露光装置の構成を示す図である。

【図 5】

第 3 実施形態による補正演算部の構成例を示すブロック図である。

【図 6】

第 3 実施形態による校正演算部の構成例を示すブロック図である。

【図 7】

第 4 実施形態における補正演算部の構成例を示すブロック図である。

【図 8】

第 5 実施形態における補正演算部の構成例を示すブロック図である。

【図 9】

第 1 実施形態における照明光学系および露光光源の構成例を示すブロック図である。

【図 10】

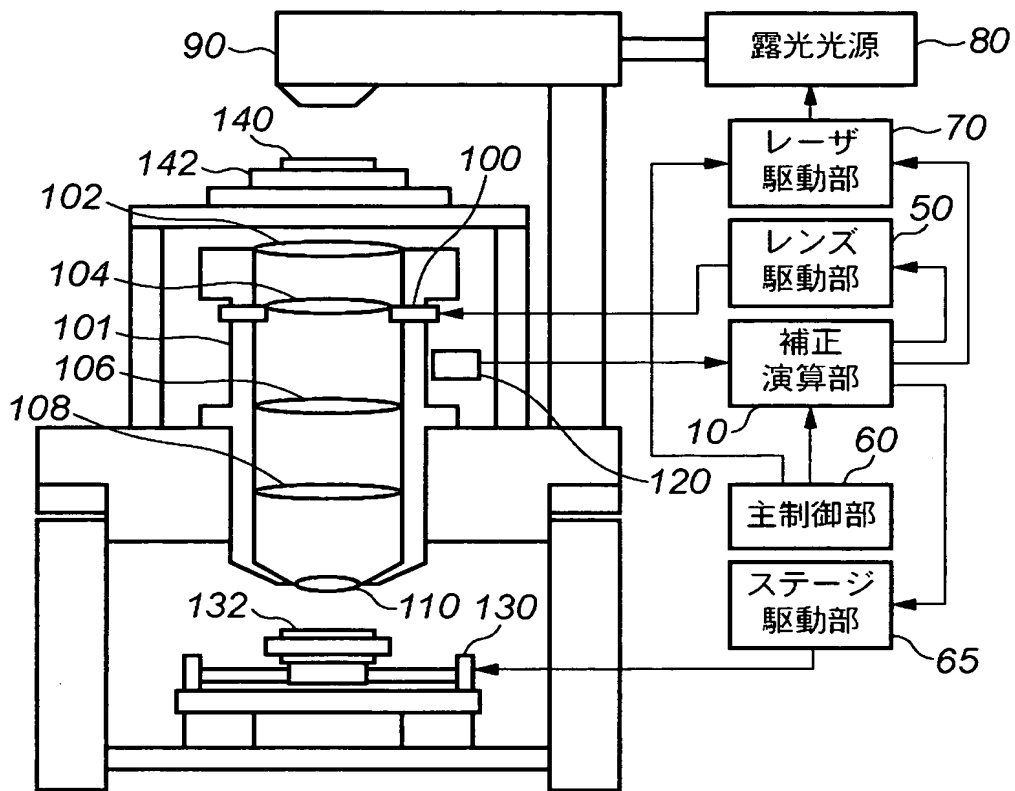
半導体デバイスの製造フローを示す図である。

【図 11】

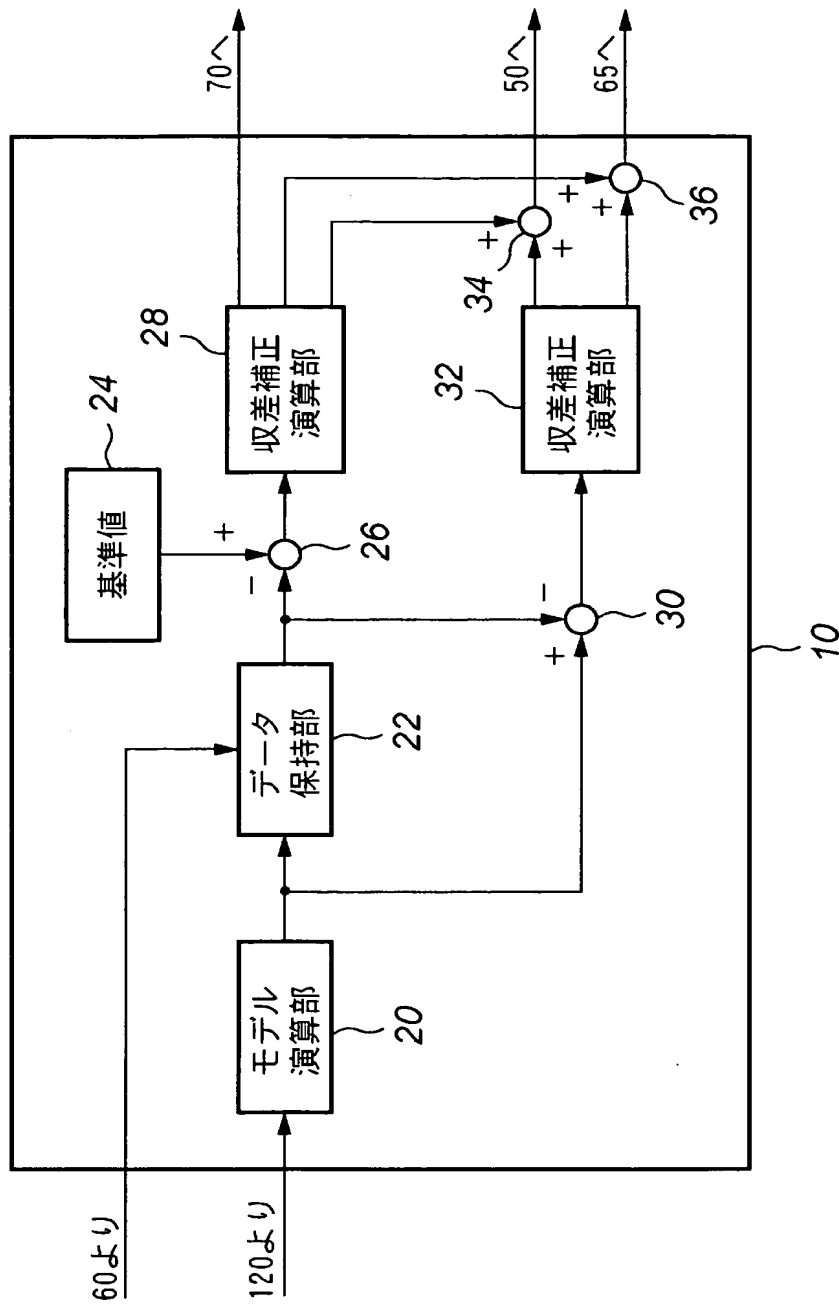
ウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。

【書類名】 図面

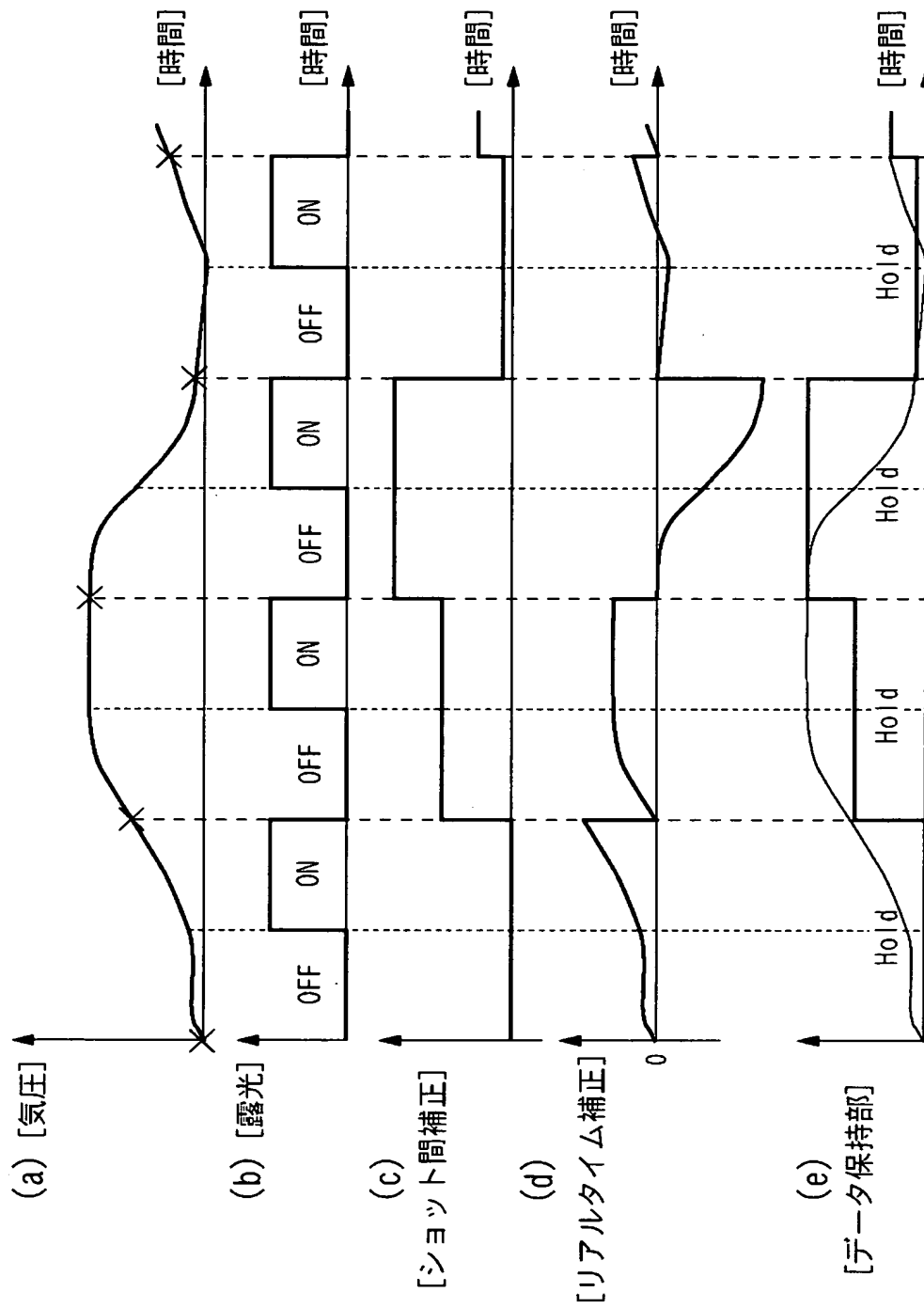
【図 1】



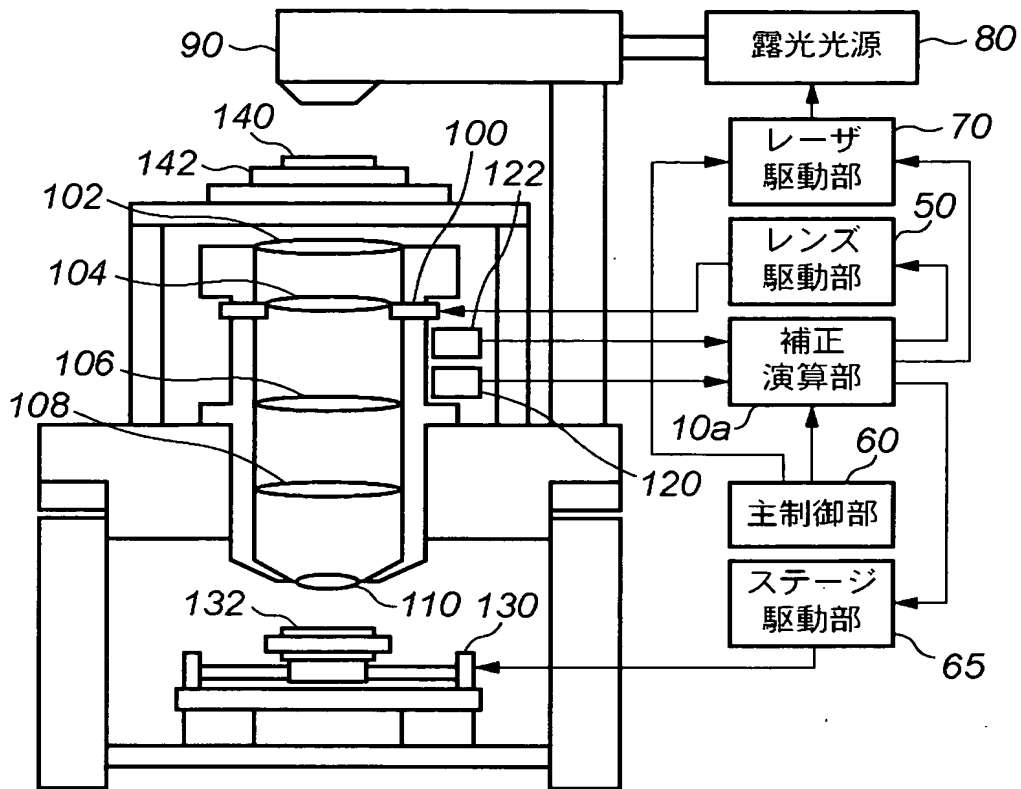
【図 2】



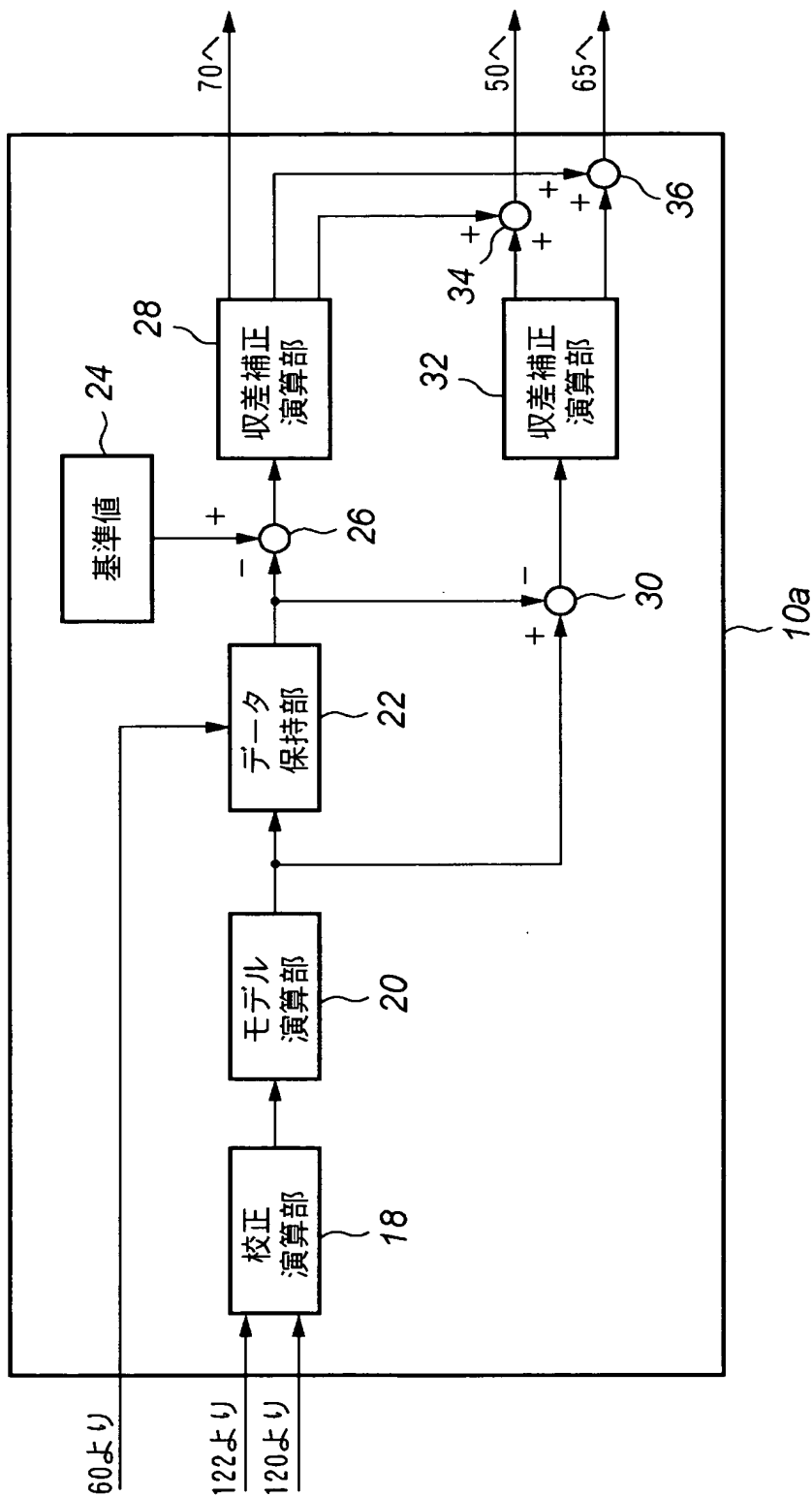
【図 3】



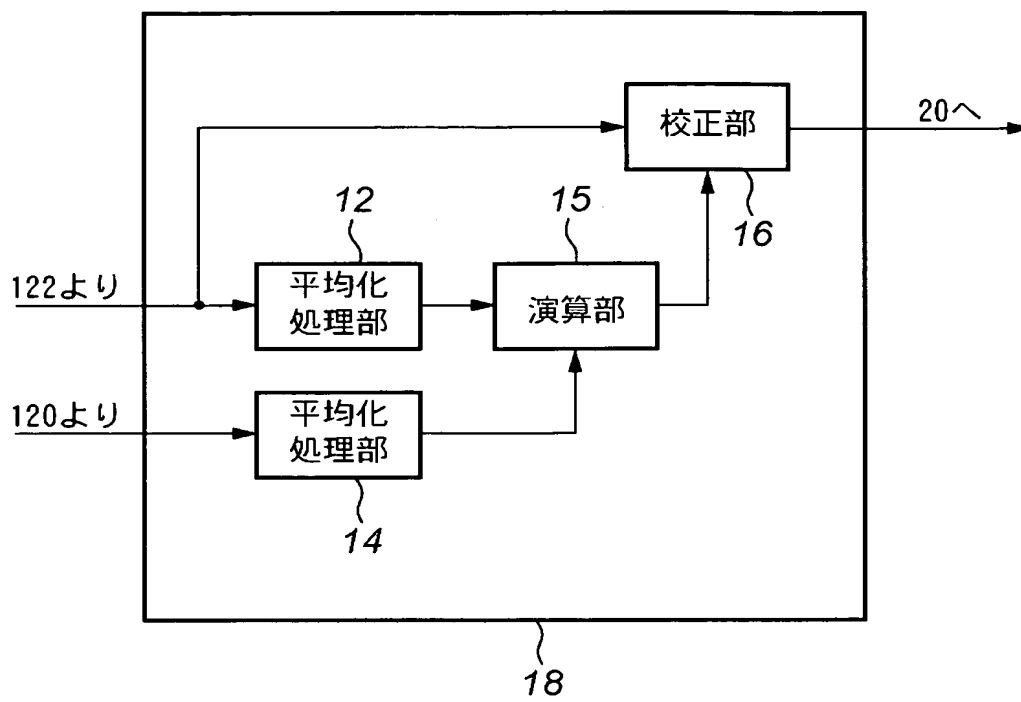
【図 4】



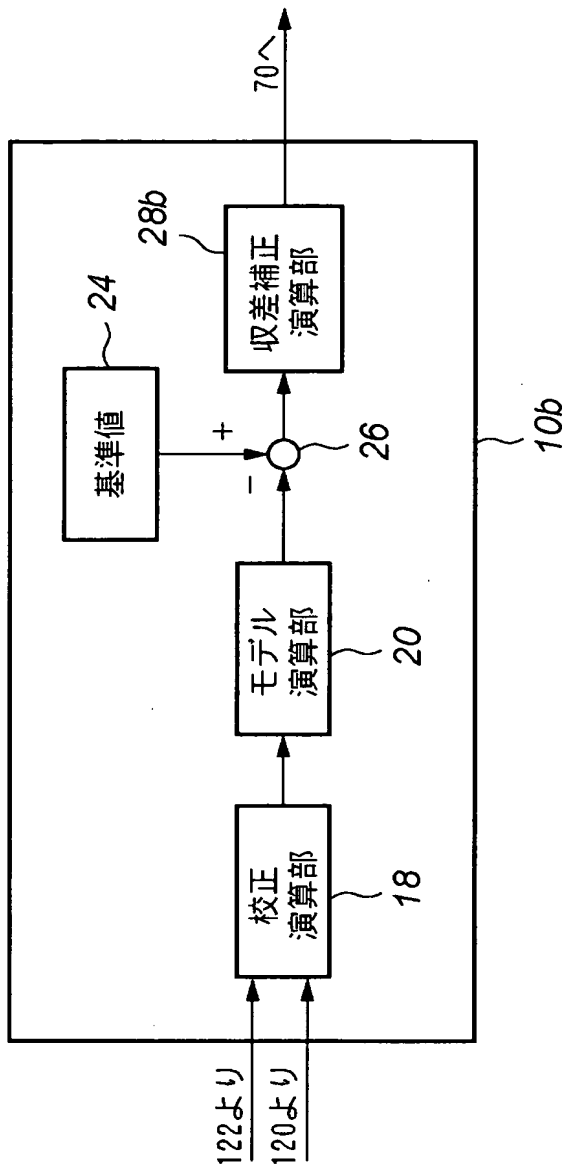
【図 5】



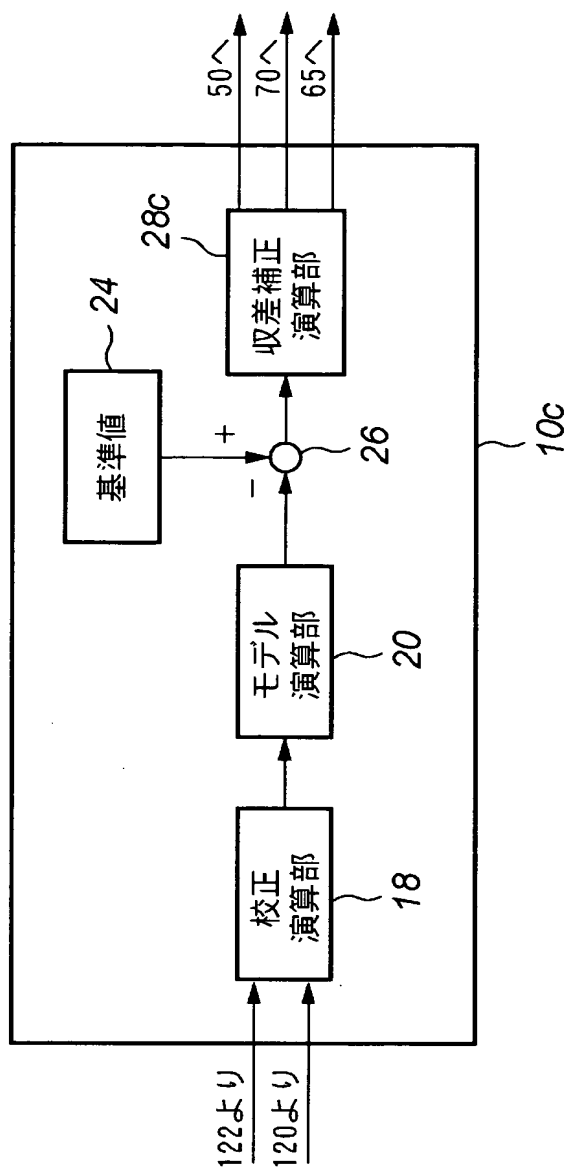
【図 6】



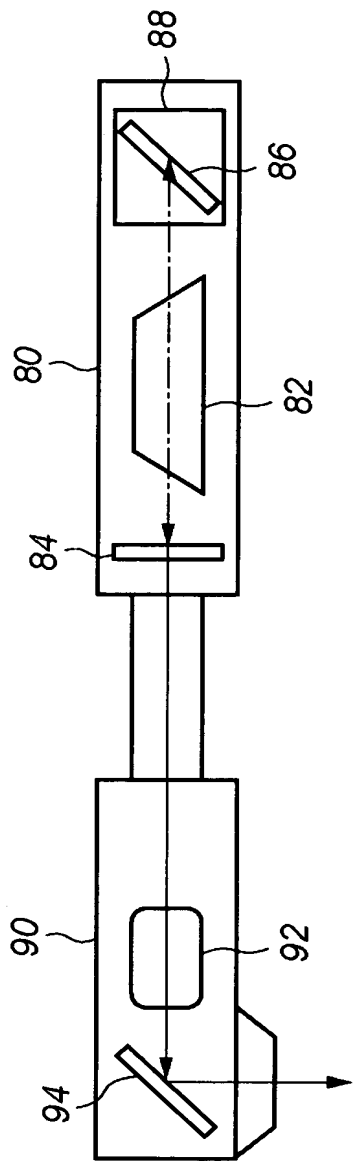
【図 7】



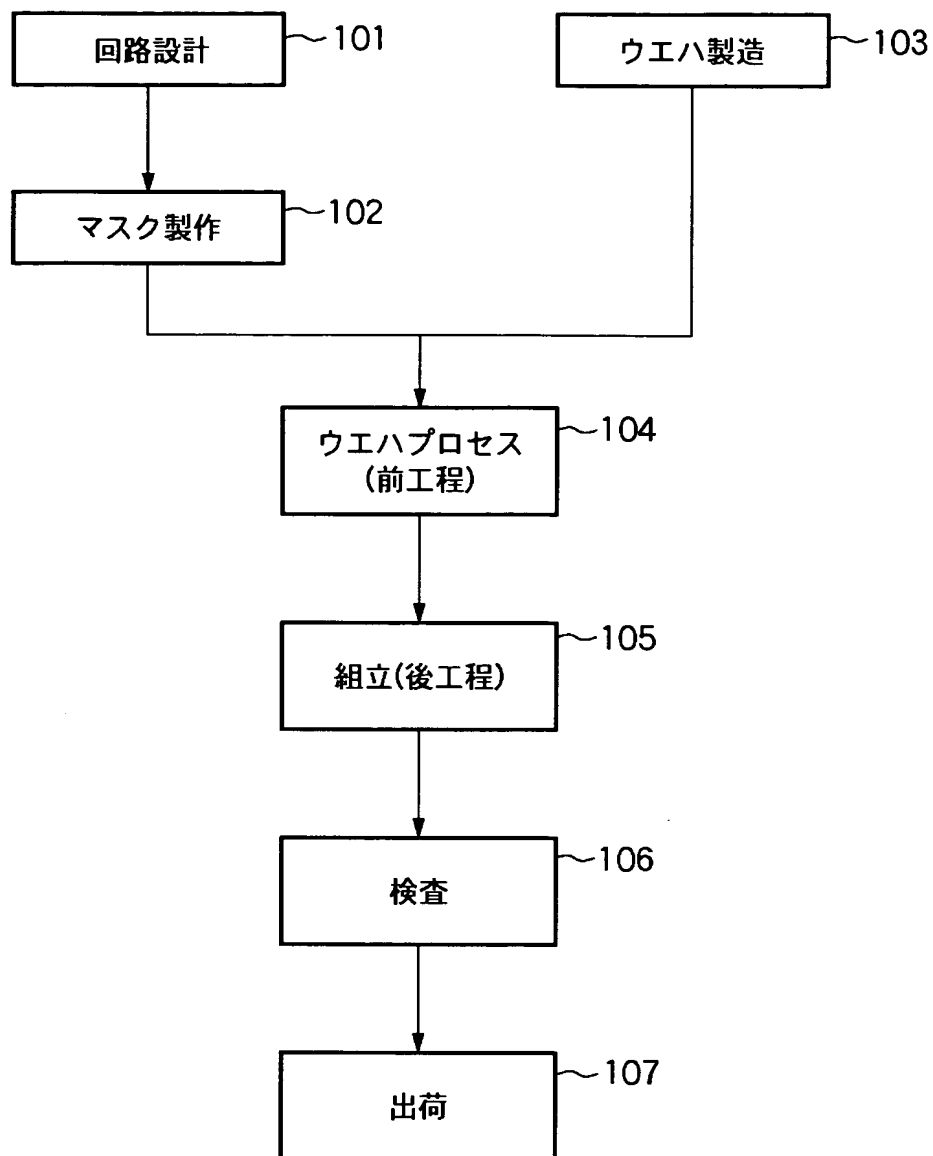
【図 8】



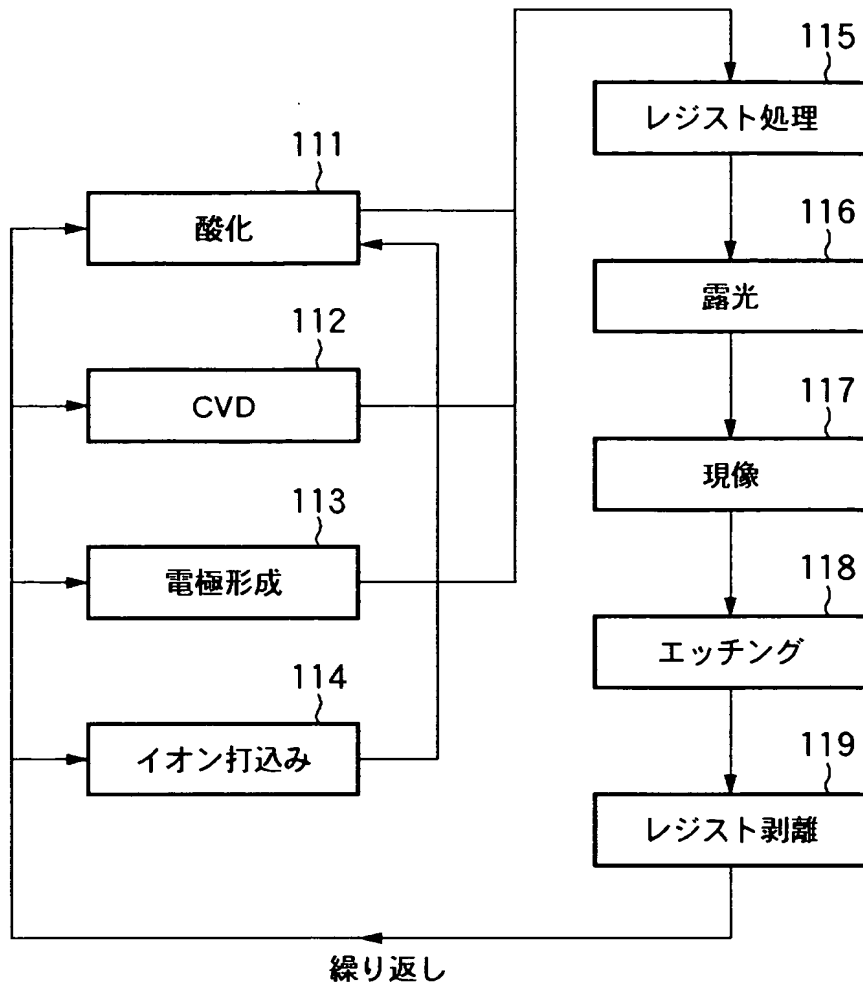
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 僅かな気圧変化や急激な気圧変化によって発生する収差を補正し高精度な露光を可能とする露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置は、気圧を検出する気圧計 120 と投影光学系 101 のレンズを駆動するレンズ駆動部 50 と露光光源 80 の波長を変える光源波長駆動部 70 と、ウエハステージ 130 を光軸方向へ駆動可能なステージ駆動部 65 を有し、気圧の変動により発生する収差をレンズ駆動部 50 と光源波長駆動部 70 及びステージ駆動部 65 によって補正することが可能である。ここで、当該露光装置のショット露光中はレンズ駆動部 50（及びステージ駆動部 65）を用いて収差が補正され、非露光時（ショット間）では光源波長駆動部 70（及びレンズ駆動部 50 とステージ駆動部 65）を用いて収差が補正される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 7 0 5 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
氏 名	キャノン株式会社